

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-189319

(P2001-189319A)

(43) 公開日 平成13年7月10日 (2001.7.10)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テマコード* (参考)

H 0 1 L 21/331

H 0 1 L 29/72

5 F 0 0 3

29/73

29/205

29/205

審査請求 有 請求項の数 9 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号

特願平11-373881

(22) 出願日

平成11年12月28日 (1999. 12. 28)

(71) 出願人 000005843

松下電子工業株式会社

大阪府高槻市幸町1番1号

(72) 発明者 柳原 学

大阪府高槻市幸町1番1号 松下電子工業株式会社内

(72) 発明者 村山 啓一

大阪府高槻市幸町1番1号 松下電子工業株式会社内

(74) 代理人 100097445

弁理士 岩橋 文雄 (外2名)

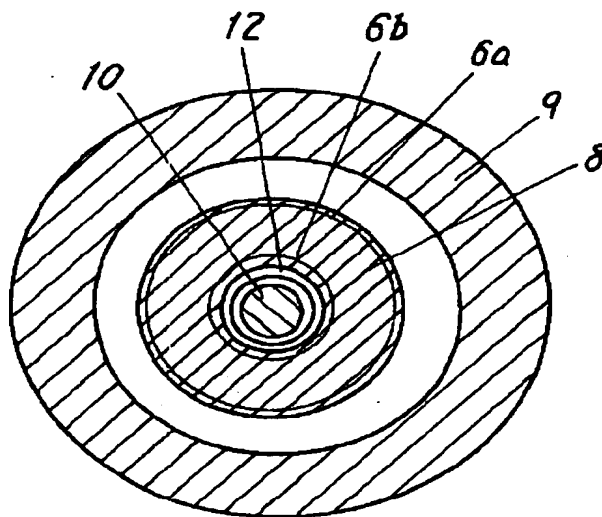
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 バイポーラトランジスタおよびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 ベースコレクタ間寄生容量を極めて小さくすることが可能なバイポーラトランジスタおよびその製造方法を提供することを目的とする。

【解決手段】 半絶縁性GaAs基板1上に順次形成されたn⁻-GaAsコレクタ層3、p⁺-GaAsベース層4、n-InGaPエミッタ層5、n-GaAs/n⁺-InGaAsエミッタコンタクト層6を有し、n-GaAs/n⁺-InGaAsエミッタコンタクト層6が略環状構造を有し、n-InGaPエミッタ層5の外周形状がn-GaAs/n⁺-InGaAsエミッタコンタクト層6の外周形状にほぼ等しいバイポーラトランジスタを形成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に順次形成されたコレクタ領域、ベース領域、エミッタ領域を有し、エミッタ領域が略環状構造を有し、前記ベース領域の外周形状が前記エミッタ領域の外周形状にほぼ等しいことを特徴とするバイポーラトランジスタ。

【請求項2】 基板上に順次形成されたコレクタ層、ベース層、エミッタ層、エミッタコンタクト層を有し、前記エミッタコンタクト層が略環状構造を有し、前記エミッタ層の外周形状が前記エミッタコンタクト層の外周形状にほぼ等しいことを特徴とするバイポーラトランジスタ。

【請求項3】 前記エミッタ領域の禁制帯幅が、前記ベース領域の禁制帯幅よりも大きいことを特徴とする請求項1または2に記載のバイポーラバイポーラトランジスタ。

【請求項4】 前記エミッタ領域がInGaPで構成され、前記ベース領域がGaAsで構成されていることを特徴とする請求項3記載のバイポーラバイポーラトランジスタ。

【請求項5】 前記エミッタ領域の前記ベース電極側にエミッタ保護層を有することを特徴とする請求項1ないし請求項4のいずれかに記載のバイポーラバイポーラトランジスタ。

【請求項6】 基板上に、コレクタ領域を形成するための半導体層、ベース領域を形成するための半導体層、エミッタ領域を形成するための半導体層を順次形成する工程と、エミッタ領域を形成するための半導体層上に略円形のエッチングマスクを形成する工程と、前記エッチングマスクを用いてコレクタ領域を形成するための半導体層とベース領域を形成するための半導体層とを同時にエッチングする工程とを有することを特徴とするバイポーラトランジスタの製造方法。

【請求項7】 前記ベース領域を形成する半導体の禁制帯幅よりも、前記エミッタ領域を形成する半導体の禁制帯幅が大きいことを特徴とする請求項6記載のバイポーラトランジスタの製造方法。

【請求項8】 前記エミッタ領域を構成する材料がInGaPで、前記ベース領域を構成する材料がGaAsであることを特徴とする請求項7記載のバイポーラトランジスタの製造方法。

【請求項9】 前記ベース領域上にベース電極を蒸着する前に、前記ベース電極が形成される領域に対応する、前記エミッタ領域を形成するための半導体層をエッチングすることにより、前記エミッタ領域と前記ベース電極との間にエミッタ保護領域を形成することを特徴とする請求項6ないし8のいずれかに記載のバイポーラトランジスタの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、移動体通信機器等

に用いられ、高利得、低歪み、低消費電力が可能なバイポーラトランジスタ、およびその製造方法に関するものである。

【0002】

05 【従来の技術】近年、携帯電話に代表される移動体通信機器に用いられる送信用電力増幅器のトランジスタとしては、低消費電力が可能なGaAsを材料とする電解効果型トランジスタ(MESFET)が多く用いられてきた。しかしながら、MESFETではゲート端子のバイアスは、通常負電源が用いられるため、送信用電力増幅器としては正負2電源が必要となる。その場合、増幅器の小型化の点では不利となるため、正電源だけで動作するトランジスタが強く求められている。また、CDMA(Code Devision Multi-Channel Acces)に代表される近年

10 の通信方式では、送信用電力増幅器の低歪み(線形)性も強く求められている。これらの要求を満たすトランジスタとして、エミッタにベースよりもバンドギャップの大きい半導体を用いるヘテロ接合バイポーラトランジスタ(HBT)が実用化されるようになってきた。

15 【0003】このHBTの材料系としては、GaAsをベース層に、AlGaAsをエミッタの材料に用いることが多かったが、近年、AlGaAsよりも表面再結合が小さく、信頼性が優れているInGaPをエミッタ層の材料に用いる開発が盛んになってきている。

25 【0004】ところで、バイポーラトランジスタの高速性を表す性能指数として、最大発振周波数 f_{max} がある。 f_{max} は、電流遮断周波数 f_t とベース抵抗 R_b とベース・コレクタ間容量 C_{bc} を用いて、 $(f_t / (8\pi R_b C_{bc}))^{1/2}$ と表される。

30 【0005】また、HBTでは、ベース濃度を高くしても価電子帯のバンド不連続(ΔE_v)の効果により、十分な電流増幅率が得られる。その結果、ベースの薄層化による f_t の増加と、ベースの高濃度化による R_b の低減が同時に実現でき、高い f_{max} が得られる。

35 【0006】しかしながら、このHBTを携帯電話等に用いられる0.8~2GHz程度の周波数で用いる時には、 f_{max} の値よりも、その周波数での電力利得(MSG; Maximum Stable Gain)が重要になってくる。

40 【0007】図11にシミュレーションで求めたHBTの2GHzのMSGの C_{bc} 依存性、図12に R_b 依存性を示す。横軸はそれぞれ、 C_{bc} の初期値 C_{bc0} 、 R_b の初期値 R_{b0} で規格化している。この結果から、周波数を2GHzとして用いる場合のMSGは、 R_b にほとんど依存せず、 C_{bc} に強く依存することがわかる。したがって、HBTとしては、 R_b を犠牲にしても C_{bc} を低減する構造が効果的であるといえる。

45 【0008】さて、HBTの構造上、 C_{bc} を小さくするためには、エミッタからの少数キャリアの注入が起きない外部ベース領域の面積を小さくすることが必要である。その断面構造としては、2つのエミッタ領域の間に

ベース電極を配することが効果的である。

【0009】一方、HBTにおいてエミッタ・ベース界面での再結合を低減させる構造として、エミッタ領域周辺部に空乏化したエミッタ層を残す方法が一般的になっている。この空乏化したエミッタ層のことをエミッタ保護層、ガードリング、あるいはレッジなどと呼ばれている。このエミッタ領域の間にベース電極を配し、かつエミッタ保護層を有するHBTの製造方法を図9と図10に基づいて説明する。

【0010】まず、図9(a)に示すように、半絶縁性GaAs基板31上に n^+ -GaAsコレクタコンタクト層32、 n -GaAsコレクタ層33、 p^+ -GaAsベース層34、 n -InGaPエミッタ層35、 n -GaAs/ n^+ -InGaAsから構成されるエミッタコンタクト層36をエピタキシャル成長した基板を用意する。そして、高融点金属膜であるWSi膜37をスパッタ法で堆積させる。

【0011】次に、WSi膜37上にレジスト（図示せず）をパターンニングして反応性ドライエッチングによりWSi膜37を加工することにより、図9(b)に示すように、エミッタ電極38を形成する。

【0012】次に、図9(c)に示すように、エミッタ電極38をマスクとして、硫酸、過酸化水素水と水の混合液で n -GaAs/ n^+ -InGaAsから構成されるエミッタコンタクト層36をエッチングする。このエッチング液に対しては n -InGaPエミッタ層35はエッチングされないため、完全に選択エッチングが可能である。

【0013】次に、ベース領域を規定するためのレジストパターン（図示せず）を形成して、塩酸と水の混合液で n -InGaPエミッタ層35を、図9(d)に示すように、硫酸、過酸化水素水と水の混合液で n -GaAsコレクタ層33の途中までエッチングする。

【0014】次に、コレクタ電極を形成するためのレジストパターン（図示せず）を形成して、硫酸、過酸化水素水と水の混合液で n -GaAsコレクタ層33をエッチングして、図10(a)に示すように、AuGe/Auより構成されるコレクタ電極39を n^+ -GaAs32上にリフトオフ法で形成する。その後、450℃での熱処理を行うことにより、コレクタ電極39は良好なオーミック特性が得られる。

【0015】ベース電極を形成するためのレジストパターンを形成して、 n -InGaPエミッタ層35を塩酸と水の混合液でエッチングした後、図10(b)Ti/Pt/Auから構成されるベース電極40を p^+ -GaAs34上にリフトオフ法で形成するとHBT構造が完成する。

【0016】図10(b)における、右側のエミッタとベースの近傍の拡大図を図8に示す。

【0017】図8において、 n -InGaPエミッタ層35のうち、エミッタ領域はエミッタコンタクト層36の下部で点線内に示される41であり、このエミッタ領域41の外側の領域と、内側にある領域は、それぞれ外側エミ

ッタ保護層42および外側エミッタ保護層43となる。

【0018】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記バイポーラトランジスタの構造では、図8におけるエミッタ領域41の外側にある外側エミッタ保護層42の下にはベース層34が存在する。そのために、ベース面積が増加して、寄生容量としての C_{bc} が増加してしまうことにより、数GHzでのMSGを低下させてしまう。

【0019】本発明は上記課題を解決して、環状のエミッタ構造を用い、環状のエミッタの外側に外側エミッタ保護層42を形成されることを防ぐことにより、寄生容量としての C_{bc} を極めて小さくすることが可能なバイポーラトランジスタおよびその製造方法を提供することを目的とする。

【0020】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明のバイポーラトランジスタは、基板上に順次形成されたコレクタ層、ベース層、エミッタ層を有し、前記エミッタ層中のエミッタ領域が略環状構造を有し、前記ベース層中のベース領域の外周形状が前記エミッタ領域の外周形状にほぼ等しくしたものである。

【0021】その結果、環状のエミッタ領域の外側に外側エミッタ保護層が形成されることがないため、ベース面積が増加せず、その結果ベース・コレクタ間容量を小さくすることができる。

【0022】

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施の形態におけるバイポーラトランジスタおよびその製造方法について、図面を参照しながら説明する。

【0023】図1および図2は、本発明の実施の形態におけるバイポーラトランジスタの製造方法を示す工程断面図である。まず、図1(a)に示すように、半絶縁性GaAs基板1上に n^+ -GaAsコレクタコンタクト層2、 n -GaAsコレクタ層3、 p^+ -GaAsベース層4、 n -InGaPエミッタ層5、 n -GaAs/ n^+ -InGaAsから構成されるエミッタコンタクト層6を順次エピタキシャル成長により形成する。そして、高融点金属膜であるWSi膜7をスパッタ法で堆積させる。

【0024】次に、WSi膜7上に円形のレジスト（図示せず）をパターンニングして、このレジストをマスクとした反応性ドライエッチングにより、図1(b)に示すようにWSi膜7を加工する。

【0025】次に、図1(c)に示すように、WSi膜7をマスクとして、硫酸、過酸化水素水と水の混合液で n -GaAs/ n^+ -InGaAsから構成されるエミッタコンタクト層6をエッチングし、さらに塩酸と水の混合液で n -InGaPエミッタ層5をエッチングする。

【0026】引き続き、図1(d)に示すように、硫酸、過酸化水素水と水の混合液で p^+ -GaAsベース層4の全部と n -GaAsコレクタ層3の途中までエッチングする。

【0027】さらに、円形に開口しているレジストパターン（図示せず）をマスクとしてWSi膜7を反応性ドライエッチングによりエッチングして、環状のエミッタ電極8を形成する。そのエミッタ電極8をマスクにして、図2(a)に示すように、硫酸、過酸化水素水と水の混合液でn-GaAs/n⁺-InGaAsから構成されるエミッタコンタクト層6をエッチングする。

【0028】次に、コレクタ電極を形成するためのレジストパターン（図示せず）を形成して、硫酸、過酸化水素水と水の混合液でn-GaAsコレクタ層3をエッチングして、図2(b)に示すように、AuGe/Auより構成されるコレクタ電極9をn⁺-GaAs2上にリフトオフ法で形成する。その後、450℃での熱処理を行うことにより、コレクタ電極9は良好なオーミック特性が得られる。

【0029】次に、ベース電極を形成するためのレジストパターン（図示せず）を形成して、n-InGaPエミッタ層5を塩酸と水の混合液でエッチング後、図2(c)に示すように、Ti/Pt/Auから構成されるベース電極10をリフトオフ法で形成するとHBT構造が完成する。

【0030】図2(c)においてベース電極10と、右側に現れているn-InGaPエミッタ層5の近傍の拡大図を図6に示す。図6において、n-InGaPエミッタ層5のうち、エミッタ領域11はエミッタコンタクト層6に接する部分であり、このエミッタ領域11とベース電極10の間にある、n-InGaPエミッタ層5の一部分が内側エミッタ保護層12となる。ここで、エミッタ領域11の外周形状と、p⁺-GaAsベース層4のうち、エミッタ領域11に接する部分であるベース領域の外周形状とがほぼ等しいために、ベース面積が増加せず、その結果ベース・コレクタ間容量を小さくすることができる。また、エミッタ領域11の禁制帯幅は、ベース領域を構成するエミッタ領域11直下のp⁺-GaAsベース層4の禁制帯幅よりも大きい。

【0031】また、InGaPとGaAsが完全に選択的にエッチングされるために、図7に示すように、n-InGaPエミッタ層5がp⁺-GaAsベース層4よりも突出した外側エミッタ保護層13を形成する場合があるが、エミッタ領域11とベース領域は外周が一致しており、この場合も同様にベース面積が増加しないので、ベース・コレクタ間容量を低減できるという効果を奏する。

【0032】図3は、図2(c)に示したバイポーラトランジスタの平面図を示すものである。エミッタ層5はエミッタ電極8に対して自己整合で形成されており、ウェットエッチングの影響によりサイドエッチングされている。そのエミッタ領域11の外周線は6a、内周線は6bで示される。

【0033】なお、本発明はエミッタコンタクト領域6が円形の場合について説明したが、円形である必要はない。

【0034】図4に、その一例の平面図を示す。エミッタ

コンタクト層16の内周線16bは円形であるが、外周線16aは円弧と直線を用いている。ここでは、エミッタ電極17はエミッタコンタクト層16の上に非自己整合、すなわち、別工程で形成されている。このような構造にすることにより、ベース電極19の引き出し配線を形成する場合に、配線がエミッタ電極17を跨ぐ必要が無く、また、エミッタコンタクト層16を交差するときの段差が低くなる。その結果、配線の段切れが起きにくい。

【0035】さらに、エミッタコンタクト層16が円形でない場合のバイポーラトランジスタの平面図を図5に示す。図5において、エミッタコンタクト層21の外周線は21a、内周線は21bに示される。この場合でも、エミッタ電極22はエミッタ領域21と非自己整合で形成されている。

【0036】以上説明したように、本発明の実施の形態におけるバイポーラトランジスタは、エミッタ領域の外側に位置するエミッタ層（外側エミッタ保護層）が形成されない。このような構成が電流増幅率に与える影響を調べた結果を図13に示す。

【0037】図13は、環状のエミッタ領域の内側または外側に形成されるエミッタ保護層の有無と電流増幅率との関係を示すものである。ケースAは、従来のHBTの場合（エミッタ保護層がエミッタ領域の外側および内側の両側にある図8に示す従来構造）を示しており、ケースBは、内側エミッタ保護層のみ存在する図6に示した本発明の構造の場合を示しており、ケースCは、エミッタ領域の内側にも外側にもエミッタ保護層が形成されていない場合、すなわち、エミッタ層とエミッタコンタクト領域とが同一の形状である場合を示している。また、エミッタ層の材料はInGaP（線a）とAlGaAs（線b）の2種類の場合で調べた。縦軸の電流増幅率 H_{FE} は従来例の構造の電流増幅率である H_{FE0} で規格化してある。この図の結果から、エミッタ材料がInGaPの場合は、エミッタ保護層がベース電極側にのみ存在すれば、従来例のように両側にある場合と同程度の電流増幅率が得られる。また、エミッタ保護層がなくても電流増幅率の低下は10%程度で実用上、大きな問題とならないことがわかる。これは、InGaPが表面再結合が少なく、エミッタ保護層の効果が少ないためであると考えられる。

【0038】一方、上記3つのHBT構造のベース・コレクタ間容量を計算から求めると、図14に示す結果となる。縦軸のベース・コレクタ間容量 C_{bc} は、従来例の構造のベース・コレクタ間容量である C_{bc0} で規格化してある。本発明の構造に相当する上記のケースBまたはケースCの C_{bc} は、従来例に相当するケースAに比べて、 C_{bc} が30%以上低減されるのがわかる。なお、この計算において、エミッタ内周円の半径は3 μ m、エミッタ外周円の半径は5 μ m、従来例の場合のエミッタ外周円の外側にあるエミッタ保護層の幅は1 μ mとした。

【0039】

【発明の効果】以上のように、本発明のバイポーラトランジスタのおよびその製造方法では、ベース・コレクタ間容量を極めて小さくできることにより、携帯電話等で使用されている0.8～2GHzの電力利得が極めて高くなり、その結果低歪み、低消費電力が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態におけるバイポーラトランジスタの製造工程を示す工程断面図

【図2】本発明の実施の形態におけるバイポーラトランジスタの製造工程を示す工程断面図

【図3】本発明の実施の形態におけるバイポーラトランジスタの平面図

【図4】本発明の実施の形態における他のバイポーラトランジスタの平面図

【図5】本発明の実施の形態における他のバイポーラトランジスタの平面図

【図6】本発明の実施の形態におけるバイポーラトランジスタの要部断面図

【図7】本発明の実施の形態におけるバイポーラトランジスタの要部断面図

【図8】従来のバイポーラトランジスタの要部断面図

【図9】従来のバイポーラトランジスタの製造工程を示す工程断面図

【図10】従来のバイポーラトランジスタの製造工程を示す工程断面図

【図11】ベース・コレクタ間容量と電力利得(MSG)との関係を示す図

【図12】ベース抵抗と電力利得(MSG)との関係を示す図

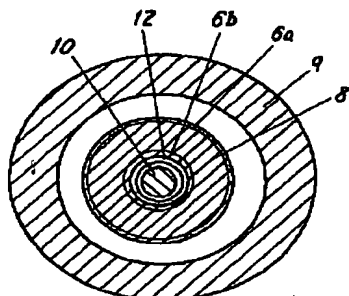
【図13】エミッタ保護層の有無と電流増幅率との関係を示す図

【図14】エミッタ保護層の有無とベース・コレクタ間容量との関係を示す図

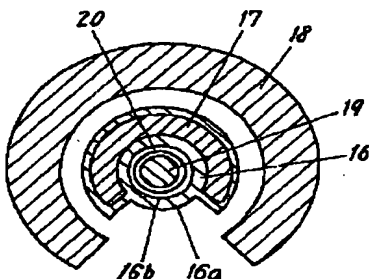
【符号の説明】

- | | |
|-----|---|
| 1 | 半絶縁性GaAs基板 |
| 2 | n ⁺ -GaAsコレクタコンタクト層 |
| 3 | n ⁻ -GaAsコレクタ層 |
| 4 | p ⁺ -GaAsベース層 |
| 5 | n-InGaPエミッタ層 |
| 6 | n-GaAs/n ⁺ -InGaAsエミッタコンタクト層 |
| 6a | エミッタ外周線 |
| 6b | エミッタ内周線 |
| 7 | WSi膜 |
| 8 | エミッタ電極 |
| 9 | コレクタ電極 |
| 10 | ベース電極 |
| 11 | エミッタ領域 |
| 12 | 内側エミッタ保護層 |
| 13 | 外側エミッタ保護層 |
| 16 | エミッタコンタクト層 |
| 16a | エミッタ外周線 |
| 16b | エミッタ内周線 |
| 17 | エミッタ電極 |
| 18 | コレクタ電極 |
| 19 | ベース電極 |
| 20 | 内側エミッタ保護層 |
| 21 | エミッタコンタクト層 |
| 21a | エミッタ外周線 |
| 21b | エミッタ内周線 |
| 22 | エミッタ電極 |
| 23 | コレクタ電極 |
| 24 | ベース電極 |

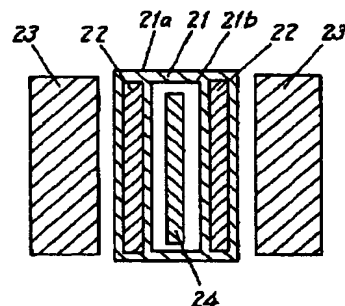
【図3】



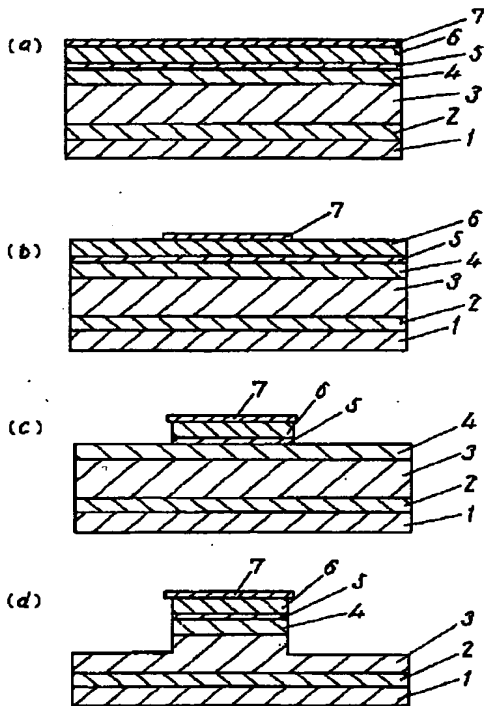
【図4】



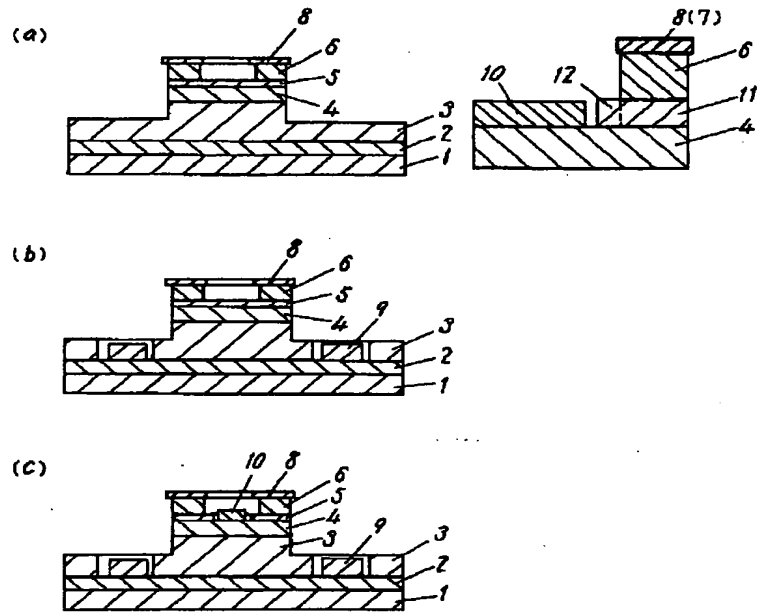
【図5】



【図1】



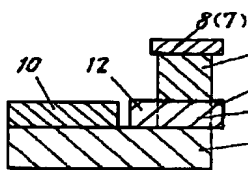
【図2】



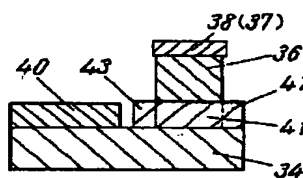
【図6】

【図9】

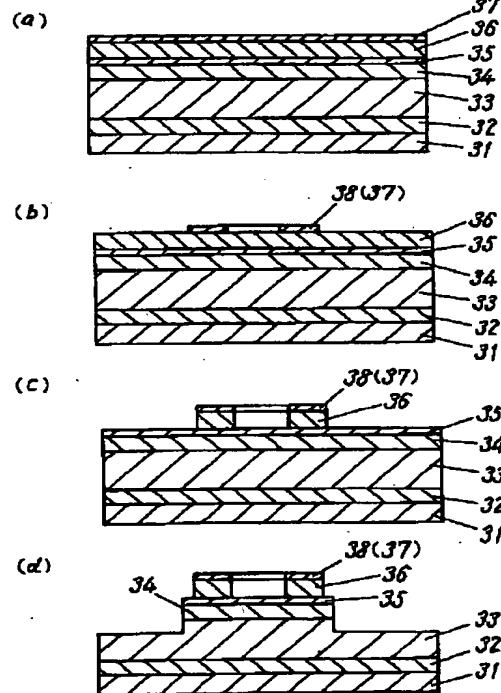
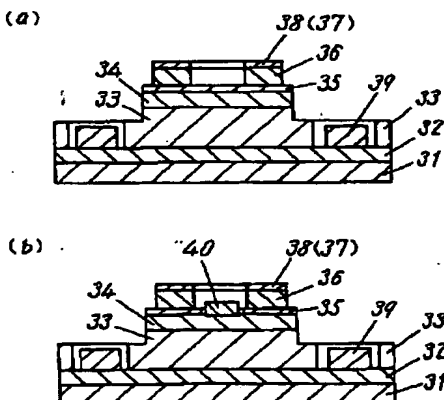
【図7】



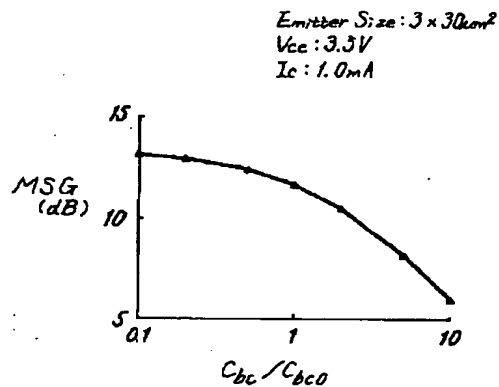
【図8】



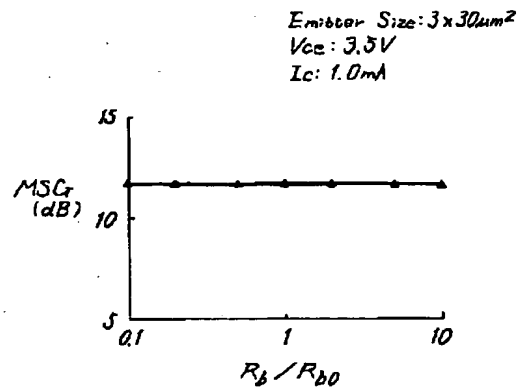
【図10】



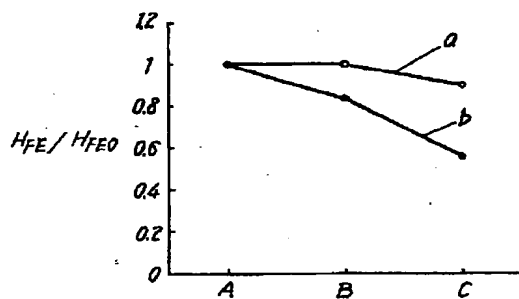
【図11】



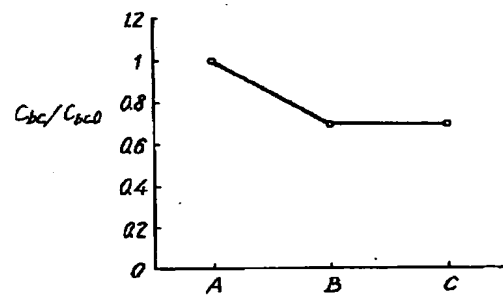
【図12】



【図13】



【図14】



フロントページの続き

(72)発明者 福井 武司
 大阪府高槻市幸町1番1号 松下電子工業
 株式会社内

(72)発明者 田中 毅
 大阪府高槻市幸町1番1号 松下電子工業
 株式会社内

35

Fターム(参考) 5F003 AP05 BA92 BA93 BB08 BB90
 BE02 BE04 BE08 BE90 BF05
 BH01 BH07 BH18 BM03 BP32
 BP94 BP95 BP96